

УДК 621.791.725;621.431.75; 669.018.44

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЕЧНОЙ ПАЙКИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ9 С ПИРОГРАФИТОМ В УЗЛАХ УПЛОТНЕНИЯ ТУРБОНАСОСНОГО АГРЕГАТА РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

©2016 И.А. Дяговцов, В.Г. Климов, А.В. Когтева, А.С. Попов, Е.Ю.Щедрин, Д.А.Баранов

Публичное акционерное общество «Кузнецов», г. Самара

### APPLYING OF SOLDERING FURNACE BY TITANIUM ALLOY VT9 WITH PYROGRAPHITE IN SEAL NODES OF TURBOPUMP AGGREGATE IN ROCKET ENGINES

Dyagovtsov I.A., Klimov V.G., Kogteva A.V., Popov A.S., Shchedrin E.Y., Baranov D.A. (JSC «Kuznetsov»,  
Samara, Russian Federation)

*The article considers ways to improve the quality of soldering titanium alloy VT9 with pyrolytic graphite in a furnace with controlled atmosphere and vacuum silver solder.*

Рассматривается процесс пайки образцов из титанового сплава с пирографитом, имитирующих конструкцию втулки уплотнения турбонасосного агрегата ракетного двигателя НК-33, применяемого в настоящее время в первой ступени ракетоносителя Союз-2.1в и планируемого в применении в конструируемом ракетоносителя Союз 2-3.

Целью данной работы является повышение качества пайки титанового сплава с пирографитом.

Для получения необходимых характеристик паяного соединения наряду с образцами, паяемыми по существующей технологии, были спаяны образцы с предварительно нанесённым на титан гальваническим методом хромом, в других образцах на графит был напылён титан.

Материалы, применяемые в данной конструкции: титановый сплав ВТ9, пирографит ПГИ, серебряный припой ПСрМО68-27-05, лента титана ВТ1-0, используемая для легирования спая. Главной проблемой данной конструкции, которая препятствует качественной пайке, является соединение разнородных материалов: титанового сплава и пирографита [1]. У данных материалов разные значения коэффициента температурного расширения, и при пайке, в процессе остывания, после кристаллизации припоя возникают остаточные напряжения, часто превышающие предел прочности пирографита. Снизить остаточные напряжения можно за счёт пластичности паяного шва. Серебряный припой, применяемый для пайки этой конструкции, достаточно пластичен, однако, он не смачивает пирографит. Смачивание происходит только при содержании в припое титана. Но титан, растворенный в припое, значительно

уменьшает пластичность шва [2 - 4].

В процессе исследований ставится задача найти оптимальное количество титана, вводимого в расплав припоя, необходимого для приемлемого смачивания пирографита, но при этом максимально возможного сохранения пластичности паяного шва.

Для оценки качества пайки был проведен ряд исследований. С помощью металлографического анализа произведена общая оценка качества пайки. По измерениям микротвёрдости произведена оценка пластичности паяного шва. Электронная микроскопия и рентгенофазовый анализ выявили химический состав отдельных фаз и химических соединений, образующихся в расплаве припоя в процессе пайки.

Данные исследования и изменение технологии пайки пирографита с титановым сплавом ВТ9 позволит получить качественное паяное соединение этих материалов с минимальным количеством производственного брака.

#### Библиографический список

1. Калинин Н.П., Викторова М.О. Атлас дефектов паяных соединений: учебное пособие. / Томский политехн. ун-т. – Томск: Изд-во ТМУ, 2012. 83 с.
2. Федоров В.Б., Шоршоров М.Х., Хакимова Д.К. Углерод и его взаимодействие с металлами. - М.: Металлургия, 1978. 208 с.
3. Аникин Л.Т., Анিকেев Е.Ф., Дергунова В.С. [и др.] Исследование процесса пайки графито-металлических торцовых уплотнителей. // Адгезия расплавов и пайка материалов. – 1976. № 4. С. 88–92.
4. Аникин Л.Т., Дергунова В.С., Кривецкий Г.А., Кокина Т.А. Пайка и сварка графита. – М.: Металлургия, 1978. 136 с.